Untersuchungen an hellen Kluft- und Nebengesteinsglimmern aus den Lepontinischen Alpen

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER WÜRDE EINES DOKTORS DER PHILOSOPHIE

VORGELEGT DER

PHILOSOPHISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT BASEL

VON

Fakir Mohammed Melgerei

Kabul (Afghanistan)

1967

Zürich 1968

Dissertationsdruckerei Leemann AG

Untersuchungen an hellen Kluft- und Nebengesteinsglimmern aus den Lepontinischen Alpen

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER WÜRDE EINES DOKTORS DER PHILOSOPHIE

VORGELEGT DER

PHILOSOPHISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT BASEL

VON

Fakir Mohammed Melgerei

Kabul (Afghanistan)

Zürich 1968

Dissertationsdruckerei Leemann AG

III. Untersuchungsmethoden und Resultate 396
1. Die physikalisch-optischen Bestimmungsmethoden 396
a) Spezifisches Gewicht 397
b) Bestimmung der Brechungsindices 397
c) Bestimmung des optischen Achsenwinkels 397
2. Chemische Untersuchungsmethoden 398
a) Nasschemische Untersuchung (quantitative FeO-Bestimmung) 398
b) Quantitative spektrometrische und spektrographische Analyse 398
c) Spurenanalyse 400
d) Untersuchung mit Elektronenmikrosonde Jeol JXA-3A 405

IV. Auswertung der Resultate 407

I. EINLEITUNG

In einer 1963 erschienenen Publikation haben E. Wenk, H. Schwander, J. Hunziker und W. Stern die Mineralchemie von gesteinsbildenden Biotiten der Tessineralpen diskutiert und auf eine gewisse Abhängigkeit vom Gesteinschemismus hingewiesen. Jene Untersuchungen wurden inzwischen auf gesteinsbildende Muskowite der gleichen Gesteinsreihen ausgedehnt. Die genannten Autoren bemerkten damals schon, dass ihre Vorstudien günstige Voraussetzungen für die Behandlung bestimmter Spezialfragen schaffen.

W. Stern (1966) untersuchte im gleichen Gebiet die Beziehungen zwischen der Gliederzusammensetzung in Pegmatiten und ihrem Nebengestein. In Fortsetzung dieser Studien erschien es lohnend, auch die Mineralchemie von Kluftglimmern näher zu studieren, unter gleichzeitiger Analyse der Glimmer des Nebengesteins der Klüfte, um eventuelle stoffliche Verschiebungen verfolgen zu können. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit diesem Thema und konnte dabei profitieren von den im Institut vorhandenen Einrichtungen und von den bei der Separation und Analyse der Glimmer gewonnenen Erfahrungen. Zu besonderem Dank verpflichtet bin ich meinen verehrten Lehrern, Herrn Prof. E. Wenk für das Thema der Dissertation und die Überlassung von Gesteinsproben aus seiner Sammlung sowie für seine Hilfe beim Sammeln im Feld, Herrn Prof. P. Bearth für seine Einführung in die Petrographie und Herrn Dr. Trommsdorff für die Anleitung zur kristalloptischen Arbeit.

Herrn Prof. H. Schwander und Herrn Dr. W. Stern und ihren Mitarbeitern danke ich für alle im Zusammenhang mit dieser Arbeit durchgeführten Analysen.

Danken möchte ich allen meinen Kollegen, mit denen ich im Felde und im Labor in Kontakt gestanden bin, so den Herren R. Sharma, R. Schedler, J. Hansen, M. Joos, J. Hunziker, R. Schmid und J. Arnoth.

II. PROBLEMSTELLUNG

1. Zur Entstehung der Kluftmineralien

Die in der Schlussphase der Orogenese entstandenen Kluftmineralien bilden ein ungemein reizvolles Phänomen der Alpen. Während der postkinematischen Emporhebung des Gebirges zirkulierten in bestimmten Regionen hydrothermale Lösungen in bereits vorhandenen und in neu aufgerissenen Spalten. Sie waren schon beim Eindringen in den Kluftraum mit Stoffen beladen und wurden bei der Zirkulation weiter konzentriert. Im Verlaufe der Abtragung der Alpen und bei der damit verbundenen Abkühlung und Druckentlastung kristallisierten die Stoffe in den Hohlräumen der Klüfte und Drusen.

Umstritten ist jedoch, über welche Distanz die gelösten Stoffe wanderten. Weinschenk (1903) betrachtete die alpinen Kluftmineralien im Venedigergebiet als pneumatolytisch-hydrothermale Bildungen, die im unmittelbaren Anschluss an die Kristallisation der Zentralgranite entstanden, bei der Aufwölbung der Hohen Tauern. Dieser Autor, wie auch Leitmeier (1924) nahmen Stoffzufuhr und Lösungstransport aus grösserer Tiefe an.

J. Königsberger (1917—1919), der Kluftparagenesen in den Schweizeralpen systematisch erforschte, konnte hingegen belegen, dass in den von ihm erforschten Gebieten eine enge Beziehung zwischen der stofflichen Zusammensetzung des Nebengesteins und der Paragenese der Kluftmineralien bestehe, und dass eine Veränderung und Auslaugung des Rahmengesteines am Kluftsaum stattfand. Er schloss aus diesen Beobachtungen, dass die Stoffe der Drusenmineralien aus dem unmittelbar umgebenden Gestein stammen und auf dem Wege einer Lateralsekretion durch warme wässerige Lösungen aus dem Gestein gelöst, in offene Hohlräume geführt und dort abgesetzt wurden. Diese Ansicht dass die Stoffe aus der näheren Umgebung der Drusen stammen, wird heute allgemein von den Schweizer Mineralogen angenommen (siehe P. Niggli, Königsberger und R. L. Parker (1940). Sie weisen auch darauf hin, dass die Kluftmineralien normalerweise keine chemischen Elemente wie Au, Ag, Pb, Sn, W und Sb enthalten, die auf einen genetischen Zusammenhang mit sauren magmatischen Lösungen hinweisen würden.

Die Kluftparagenesen ändern jedoch nicht bloss in Abhängigkeit vom Nebengestein, sondern auch von Region zu Region. In den Tessineralpen zum Beispiel treten wohl schmale gebleichte Kluftsäume auf, aber breite ausgelaugte Gesteinszonen am Rande der Hohlräume fehlen meist. Vielmehr findet man hier häufig einen fliessenden Übergang von der Quarz- und Quarz-Feldspat-Knauerbildung zum Stadium der Kluftmineralkristallisation. Sowohl die Phänomene der hydrothermalen Sammelkristallisation im geschlossenen Raum als auch die Bildung der späten Kluftrasen auf offenen Spalten entsprechen hier letzten Akten der alpinen Gesteinsmetamorphose.

P. Niggli (1960) schreibt, dass zu Beginn der Kluftmineralbildung Tempe-

raturen von weniger als 200° C bis 350° C herrschten und Drucke von 2000 bis 3000 atü. Es ist jedoch, angesichts der von Region zu Region unterschiedlichen Temperaturverhältnisse zur Zeit der metamorphen Hauptkristallisation anzunehmen, dass auch die Kluftkristallisation nicht überall bei der gleichen Temperatur erfolgte. Die Untersuchungen von Weibel (1958) über Na-Gehalte von Alkalifeldspäten und diejenigen von Bambauer, Brunner und Laves (1962) über Wasserstoffgehalte von Quarzkristallen sprechen für solche Unterschiede.

Alle diese Gründe liessen das in der Problemstellung diskutierte Thema besonders interessant erscheinen.

In den hier besonders berücksichtigten Tessineralpen ist der Biotit von Zweiglimmergneissen unmittelbar längs den geschlossenen Kluftsäumen in der Regel in Chlorit umgewandelt und es ist ungewiss, ob Biotit im Tessin überhaupt als eigentliches Kluftmineral auftritt. Biotithäute in grobkörnigen Quarz- und Quarz-Feldspatlinsen dagegen sind weit verbreitet.

Tabelle 1. *Verzeichnis der Fundorte*

Nr.	Gestein resp. Mineral	Koordinaten	Fundorte
1	Glimmerquarzit	713,1 /153,45	Camperio V. del Lucomagno
2 u. 3	Gneiss	669,65/112,2	Valle dell Isorno, Italien
4 u. 6	Antigoriogneiss	664,6 /116,4	Campaglia SE Varzo, Italien
7	Gneiss	664,5 /116,4	Campaglia SE Varzo, Italien
8 u. 9	Gneiss	702,85/128,5	Valle d'Osola, Verzasca
10	Glimmerquarzit	712,5 /153,7	Camperio Val del Lucomagno
11	Gneiss	716,8 /134,56	Biasca
12 u. 13	Gneiss	702,85/128,5	Soriolo, Valle d'Osola
14	Gneiss	701,6 /116,23	Ponte Brolla
15	Gneiss	697,9 /132,05	Alpe d'Osola
16	Kluftmuskowit	723,8 /124,5	Castione
17	Kluftmuskowit	692,2 /145,15	Colla NE Fusio
18	Kluftmuskowit	692,2 /145,15	Colla NE Fusio
22	Kluftmuskowit	718,1 /130,5	Rodaglio, Riviera
23	Kluftmuskowit	712,5 /153,65	Camperio, Lukmanierstrasse
25	Glimmerquarzit	712,6 /153,5	Lukmanierstrasse
26	Glimmerquarzit	712,6 /153,5	Lukmanierstrasse
27	Kluftmuskowit	682,45/145,35	Cavagnoli, Lago Bianco
28	Kluftmuskowit	682,75/144,25	Staumauer Robiei
32	Pegmatit	688,2 /145,05	Alpe Laghetti, Val Sambuco
33	Gneiss	684,9 /142,2	V. di Peccia, Poncione di Graga
34	Paragonitschiefer	703,2 /142,3	Alpe Sponda
35	Paragonitschiefer	703,2 /142,3	Alpe Sponda
36	Kluftmuskowit	730,2 /124,3	Calancastrasse
38	Kluftmuskowit	695,3 /150,0	Riale Secco bei Ambri-Piotta
39	Kluftmuskowit	672,0 /131,2	Antigorio
40	Kluftmuskowit	755,2 /121,5	Novate, Italien
41	Kluftmuskowit	683,4 /142,8	Stollen Robiei–San Carlo
42	Kluftmuskowit	704,1 /140,7	Unterhalb Alpe Sponda
43	Kluftmuskowit	656,0 /134,0	Binna-Tal
44	Kluftmuskowit	667,8 /106,7	Steinbruch SE Croppo
45	Zweiglimmergneiss	666,1 /102,4	Steinbruch NE Station Beura
46	Gneiss	669,7 /112,2	Valle dell'Isorno
47	Bündnerschiefer	644,5 /127,7	Neue Alpstrasse nach Ried
48	Gneiss	650,0 /115,15	Simplonstr. WSW Alte Kaserne
49	Kluftmuskowit	653,9 /116,3	Steinbruch SW Gondo

Hellglimmer hingegen ist ein charakteristisches Kluftmineral und seine chemische Variabilität war bisher schlecht bekannt. Ob es sich wirklich um Muskowit, oder aber um Phengit handelt, und ob nahe Beziehungen zum Gesteinsglimmer bestehen, versucht diese Arbeit abzuklären. Über die Fundorte der analysierten Kluft- und Nebengesteinsmuskowite gibt Tabelle 1 Auskunft. Wie aus der Tabelle 1 ersichtlich ist, stammen die untersuchten Kluftproben vor allem aus dem zentralen, nördlichen und westlichen Teil des Tessins. Die Nebengesteine der Klüfte sind ausnahmslos metamorph, aber der Grad der Metamorphose und die mineralogische Zusammensetzung dieser Gesteine variieren.

2. Chemismus der hellen Glimmer

Die chemische Zusammensetzung der zu der Gruppe der Schichtsilikate (Phyllosilikate) gehörenden Glimmer ist mannigfaltig. Sehr häufig sind isomorphe Vertretungen. Zu den dioktaedrischen hellen Glimmern gehören Muskowit, Phengit, Paragonit und Fuchsit.

Die Zusammensetzung der Glieder der Muskowit-Reihe kann folgendermassen ausgedrückt werden (nach Deer, 1962):

$$X_2Y_4\ (Si,\ Al)_8O_{20}(OH,\ F)_4$$

X = K und Na, sowie Spuren von Ca und Ba
Y = Al oder Fe, kann auch durch Ti ersetzt werden

Na nimmt an der Zusammensetzung der Glimmer selten in wesentlichen Mengen teil, Hydroxyd OH kann durch F ersetzt werden (hauptsächlich in Magnesium- und Lithiumglimmer). In grossem Umfange kommen isomorphe Vertretung von Mg(Fe″) durch Al(Fe‴) vor.

Als Unterarten der Muskowitreihe sind zu nennen (nach Winchell 1961):

Muskowit	$K_2Al_4(OH)_4Si_6Al_2O_{20}$
Ferrimuskowit	$K_2Fe''''_2Al_2(OH)_4Si_6Al_2O_{20}$
Picrophengit	$K_2MgAl_3(OH)_4Si_7AlO_{20}$
Ferrophengit	$K_2Fe''Al_3(OH)_4Si_7AlO_{20}$

Paragonit ist ein Na-haltiger Glimmer, der oft feinschuppige Massen im Gestein bildet.

Unter hydrothermalen Bedingungen sind Muskowite ziemlich stabil. Wasseraufnahme und Verlust des Kaliums führen zu Hydromuskowit. Unsere Untersuchungen sollen Aufschluss darüber geben, ob Phengit als Kluftglimmer auftritt, und andernteils soll abgeklärt werden, ob Phengite, bzw. phengitartige Glimmer nur in bestimmten Regionen vorkommen.

Picrophengit und Ferriphengit werden oft als Phengit s.l. mit der Strukturformel $K_2(Mg,\ Fe)Al_3(OH)_4Si_7AlO_{20}$ zusammengefasst; diese Darstellung emp-

fiehlt sich besonders bei der graphischen Darstellung in der Dreiecksprojektion (vergl. S. 406—407).

Phengit besitzt ein Verhältnis Si : Al > 3 : 1 und kann (nach Deer 1962) trigonal oder monoklin sein, oder aus einer Mischung dieser zwei Strukturen bestehen, wogegen Muskowit und Ferrimuskowit streng monoklin sind. Wenn eine Mischung der beiden Typen vorliegt, ergeben sich kleine Achsenwinkel. Phengite können grünlich oder farblos sein. Nur mit Hilfe der chemischen Analyse kann Phengit eindeutig bestimmt werden.

Phengit fehlt wahrscheinlich in hochmetamorphen (meso- bis katametamorphen) Gebieten.

Die Farbe der Muskowite ist im allgemeinen vom gegenseitigen Verhältnis der Mn-Fe- und Ti-Oxyde abhängig.

Gansser (1937) bezeichnet nur diejenigen Muskowite als „phengitische Muskowite", die einen schwach grünlichen Pleochroismus und einen anomal kleinen Achsenwinkel zeigen.

Nach Deer besitzen Muskowite in der Almandinzone einen geringeren Gehalt an Fe und Si als in der niedriger temperierten Biotitzone, was damit zusammenhängt, dass der Fe-Einbau im Muskowitgitter bei höherer Temperatur schwieriger ist. Phengit dürfte deshalb auf den oberen Stabilitätsbereich der Hellglimmer beschränkt sein (wobei Phengite wahrscheinlich nur in Si-reichen Gesteinen entstehen können).

Mit Beginn der Pyroxen-Hornfelsfazies ist Muskowit nicht mehr beständig.

3. Gewinnung des Untersuchungsmaterials

Die Gewinnung reiner Glimmerproben ist sehr zeitraubend. Da Kluftglimmer durch Verwitterung verändert werden, wurde nach Möglichkeit frisches Material gesammelt. Die Glimmer wurden nicht nur den Klüften entnommen, sondern an den jeweiligen Fundpunkten wurden auch Proben des Nebengesteins geschlagen, so dass sowohl Kluftglimmer als auch Nebengesteinsglimmer in hinreichender Menge gewonnen werden konnten. Am günstigsten erwiesen sich Aufschlüsse längs neuen Strassen und in Steinbrüchen.

Die Kluftmuskowite wurden mit Pinzette oder Meissel und Hammer vom Nebengestein getrennt. Wie in der Biotitarbeit von E. Wenk, H. Schwander, J. Hunziker und W. Stern (1963) beschrieben ist, wurden durch verschiedene Verfahren reine Glimmerfraktionen gewonnen.

III. UNTERSUCHUNGSMETHODEN UND RESULTATE

1. Die physikalisch-optischen Bestimmungsmethoden

Die Messungen erstrecken sich auf die Bestimmung der Dichte, des Achsenwinkels und des Brechungsvermögens. Dabei wurde jeweils Wert darauf ge-

legt, durch Einhalten gleicher Messbedingungen die relativen Fehler möglichst einzuengen. Die angegebenen Werte stellen alle Durchschnittswerte aus mehreren Bestimmungen dar.

a) Spezifisches Gewicht

Es ist nicht zu empfehlen, das spezifische Gewicht der Glimmer mittels schwerer Flüssigkeiten wie zum Beispiel Tetrabrom-Aethan oder Methylenjodid zu bestimmen.

Unsere Erfahrungen haben gezeigt, dass das spezifische Gewicht der Glimmer am genauesten mit einem Pyknometer erfasst werden kann, sofern mindestens 1 g Substanz eingewogen wird. Es empfiehlt sich, 10% alkoholische wässerige Lösung zu benützen; die Glimmerblättchen werden dadurch gut benetzt, und das Haften der Luftblasen wird verhindert.

b) Bestimmung der Brechungsindices

Bei der Messung der Brechungsindices empfiehlt es sich, die von Rosenfeld (1950) beschriebene einfache Drehvorrichtung anzuwenden. Am Ende einer Stecknadel wird ein Glimmerblättchen mit Wasserglas-Lösung befestigt. Der Glimmerkristall lässt sich leicht in die gewünschte Raumlage drehen, und n_α und n_γ können mit den üblichen Immersionsmitteln bestimmt werden.

c) Bestimmung des optischen Achsenwinkels

Mit dem Universaldrehtisch (U-Tisch) ist es möglich, durch Drehen um n_β den optischen Achsenwinkel direkt einzumessen. Genauere Messungen gestattet das Drehkonoskop unter Verwendung kleiner Kugelsegmente. Mit dieser Einrichtung wurde $2V_\alpha$ der Muskowite und Phengite gemessen. Die Kugelsegmente haben Brechungsindices n = 1,55 und 1,65. Die Kugelsegmente weisen eine andere Brechung als die Glimmer auf, deshalb muss der mit dem Drehkonoskop gewonnene Messwert korrigiert werden. Wir benützen zur Korrektur das von Tröger (1959) angegebene Nomogramm. Im gewöhnlichen Polarisationsmikroskop ist die genaue Lage der Indikatrix nur unter Benützung der Mallardschen Formel $\sin V = \frac{K D}{n_\beta}$ messbar. (Vergleiche Burri 1950.) Die Konstante K wird als Mallardsche Konstante bezeichnet. Sie lässt sich aus den Daten des Instrumentes berechnen oder auch, weit bequemer, experimentell bestimmen. D ist die Distanz zwischen den beiden optischen Achsen. Die Formel stellt eine angenährte Beziehung zwischen n_β und dem Achsenwinkel dar und ermöglicht die Bestimmung von $2V_\alpha$. D wurde mit dem Mikrometerokular gemessen.

Auf der folgenden Tabelle 2 sind spezifisches Gewicht und die optischen Daten der untersuchten hellen Glimmer zusammengestellt.

Tabelle 2. *Spez. Gewicht, 2 V_α, Lichtbrechung und Doppelbrechung der hellen Glimmer*

Nr.	Spez. Gew.	$2V_\alpha$	n_γ	n_α	$\Theta\,\Delta$	Nr.	Spez. Gew.	$2V_\alpha$	n_γ	n_α	$\Theta\,\Delta$
1a	2,849	41	1,597	1,560	0,037	25b	2,806	40	1,596	1,559	0,037
1b	2,827	41	1,594	1,558	0,036	26a	2,808	40,5	1,593	1,557	0,036
2a	2,850	37	1,606	1,559	0,047	26b	2,779	40,5	1,590	1,565	0,035
2b	2,840	37	1,603	1,563	0,040	27b	2,828	34,5	1,609	1,565	0,044
3a	2,871	37,5	1,610	1,566	0,044	28b	2,826	37,5	1,601	1,558	0,043
3b	2,825	37,5	1,605	1,563	0,042	32a	2,810	42	1,603	1,563	0,040
4a	2,841	36	1,612	1,560	0,052	33a	2,820	38,5	1,608	1,574	0,034
4b	2,804	36	1,606	1,559	0,047	33b	2,808	36	1,602	1,568	0,034
6a	2,819	35,5	1,614	1,580	0,034	34a	2,881	42,5	1,602	1,563	0,039
6b	2,815	35,5	1,607	1,577	0,030	35a	2,831	41,5	1,601	1,563	0,038
7a	2,820	38,5	1,607	1,565	0,042	36b	2,802	42	1,593	1,558	0,035
7b	2,805	38,5	1,604	1,568	0,036	38b	2,798	42	1,604	1,564	0,040
8a	2,836	37	1,602	1,550	0,054	39b	2,802		1,604		
8b	2,805	37	1,602	1,550	0,052	40b	2,781	33	1,605	1,560	0,045
9b	2,802	38	1,601	1,543	0,058	41b	2,796	37	1,602	1,562	0,040
10b	2,861	34	1,607	1,570	0,037	42b	2,805	38	1,591	1,553	0,038
11a	2,820	37,5	1,602	1,567	0,035	43b			1,597		
12b	2,804	37	1,602	1,549	0,053	44b	2,893	39	1,600	1,566	0,034
13b	2,861	40,5	1,598	1,564	0,034	45a	2,842	39	1,601	1,564	0,037
14a	2,891	36,5	1,605	1,555	0,050	45b	2,879	37	1,602	1,564	0,038
14b	2,840	36	1,600	1,552	0,048	46a	2,851	38	1,605	1,562	0,043
15a	2,815	40,5	1,604	1,562	0,042	46b	2,852	42	1,606	1,566	0,040
15b	2,800	40,5	1,600	1,594	0,040	47a	2,810	38,5	1,605	1,564	0,041
16b	2,813	39,5	1,601	1,551	0,050	47b	2,800	46	1,589	1,556	0,033
17b	2,802	41	1,600	1,560	0,041	48a	2,820	40	1,607	1,565	0,042
18b	2,820	39,5	1,602	1,559	0,043	48b	2,810	42	1,605	1,564	0,041
22b	2,780	28,5	1,591	1,554	0,037	49a	2,841	40	1,608	1,563	0,045
23b	2,817	39,5	1,600	1,562	0,038	49b	2,831	40	1,605	1,564	0,041
25a	2,810	40	1,600	1,561	0,039						

Die Kennzeichnung a bezieht sich auf Nebengesteinsmuskowit und b auf Kluftglimmer.

2. Chemische Untersuchungsmethoden

a) Nasschemische Untersuchung: quantitative FeO-Bestimmung

Das Eisen findet sich in den Muskowiten als FeO und als Fe_2O_3 · 0,5—1 g der fein pulverisierten Probe werden in einer Platinschale eingewogen, und in der bekannten Weise mit Fluorwasserstoffsäure in Gegenwart von etwas Schwefelsäure unter Luftabschluss auf dem Wasserbad aufgeschlossen. Wenn die Substanz sehr fein zerrieben ist, geht es durchschnittlich 4 Stunden, bis der Muskowit gelöst ist. Die aufgelöste Substanz wird mit H_2O verdünnt und mit 0,1 n $KMnO_4$-Lösung titriert. Als Urtitersubstanz verwenden wir $Na_2C_2O_4$.

b) Quantitative spektrometrische und spektrographische Analyse

Die Hauptkomponenten werden folgendermassen spektrometrisch bestimmt; das Analysenpulver wird zunächst bei 1000° C während 2 Stunden geglüht. Die leichtflüchtigen Bestandteile wie H_2O, CO_2 und F werden dabei ausgetrieben. Der Glührückstand wird mit wasserfreiem Borax im Verhältnis 1 : 4 vermischt

Tabelle 3. *Muskowitanalysen. Hauptkomponenten*

Probe	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	H_2O	TiO_2	Summe
1a	48,3	31,6	0,9	0,1	0,0	3,2	0,2	0,0	10,6	4,8	0,5	100,2
1b	46,2	31,8	4,2	0,8	0,0	1,6	0,2	0,3	9,2	4,9	0,7	99,9
2a	47,6	31,4	4,0	0,8	0,0	1,4	0,5	0,3	9,6	4,6	0,7	100,9
2b	46,6	34,3	1,0	0,1	0,0	2,5	0,2	0,5	10,0	5,0	0,1	100,3
3a	49,5	27,2	3,5	0,6	0,0	2,5	0,2	0,5	9,9	5,5	0,8	100,2
3b	47,3	29,0	4,0	0,6	0,0	1,8	0,9	0,3	9,6	5,9	0,6	100,0
4a	44,6	31,4	6,0	0,5	0,0	1,0	0,2	0,4	9,8	4,9	0,7	99,6
4b	53,6	27,5	4,6	0,4	0,0	0,8	0,1	0,6	8,0	4,9	0,3	100,0
6a	48,3	29,3	4,6	0,6	0,0	1,4	0,3	0,5	9,5	4,5	0,8	99,8
6b	45,2	31,4	5,6	0,8	0,0	2,1	0,3	0,2	9,4	4,8	0,4	100,2
7a	46,5	30,7	4,9	0,7	0,0	1,6	0,2	0,5	10,0	4,6	0,9	100,6
7b	45,8	30,5	4,9	1,0	0,0	1,8	0,1	0,3	10,2	4,8	0,6	100,0
8b	49,8	27,2	2,1	1,3	0,0	2,3	0,6	0,4	10,1	5,2	0,5	100,0
11a	49,3	34,0	1,9	0,4	0,0	1,3	0,2	0,7	7,1	4,5	0,9	100,3
14a	46,7	31,1	4,5	1,1	0,0	1,1	0,2	0,4	9,7	4,1	1,0	99,9
14b	44,6	32,4	4,2	1,1	0,0	1,7	0,1	0,3	10,5	4,9	0,7	100,5
17b	43,7	33,6	1,7	0,7	0,0	1,6	0,2	0,4	12,5	5,2	0,3	99,9
18b	47,9	33,3	0,9	1,0	0,0	1,9	0,1	0,4	8,9	5,5	0,3	100,2
23b	46,2	30,2	1,2	0,9	0,0	2,1	0,0	0,7	13,6	4,8	0,4	100,1
25a	65,5	22,3	0,0	0,9	0,0	2,0	0,4	0,3	4,3	4,1	0,4	100,2
25b	48,6	37,8	0,8	0,3	0,0	2,6	0,1	0,5	3,6	5,3	0,4	100,0
26b	50,3	31,3	0,8	0,4	0,0	3,0	0,2	0,4	8,1	5,5	0,2	100,2
28b	44,3	36,5	0,8	1,1	0,0	1,2	0,3	0,4	9,8	5,3	0,5	100,2
34a	47,2	41,1	0,4	0,4	0,0	0,3	0,1	2,5	3,2	4,9	0,2	100,3
39b	39,6	35,0	3,7	1,6	0,01	0,8	0,0	0,25	13,5	5,1	0,5	100,0
41b	42,6	35,2	0,6	1,1	0,0	1,5	0,4	0,4	12,6	5,2	0,5	100,1
42b	44,9	39,7	0,9	0,3	0,0	0,7	0,1	1,2	6,7	5,1	0,3	99,9
43b	37,7	38,1	0,7	0,3	0,0	1,1	2,1	1,1	12,3	6,4	0,2	100,0
46a	45,7	30,5	3,8	1,3	0,0	1,8	0,5	0,5	9,3	5,2	0,7	99,3
46b	46,0	33,1	3,8	1,2	0,0	1,7	0,2	0,3	9,7	4,8	0,7	99,5
47a	48,4	28,6	3,3	1,3	0,0	1,5	0,6	0,8	9,5	5,4	0,6	100,0
47b	45,6	35,8	0,3	0,4	0,0	1,6	0,3	0,9	9,1	5,9	0,1	100,0
48a	45,2	30,2	3,7	1,1	0,0	2,4	0,2	0,7	11,0	5,6	0,6	100,7
48b	44,3	32,2	5,1	1,0	0,0	1,5	0,1	0,3	10,1	5,0	0,9	100,4

und bei 900° C im Ni- oder Graphittiegel aufgeschlossen. Dadurch wird die Kristallstruktur der Silikatmineralien zerstört und die Probe in ein Glas übergeführt. Eich- und Analysenproben werden gleicherweise aufgeschlossen. Die Boraxgläser werden fein pulverisiert, mit spektralreinem Graphit vermischt und zu Tabletten gepresst; diese werden im Hochspannungsfunken zur Emission angeregt. Die Messung der Intensität der Spektrallinien erfolgt photoelektrisch mit dem 1.5-Meter-JACO-Atomcounter, wobei das Na der Boraxgläser als Internal Standard dient.

Im Unterschied zu den Hauptkomponenten erfolgt die Bestimmung des Alkaligehaltes auf spektrographischem Wege (1,5-Meter-Wadsworth-JACO-Gitterspektrograph). Als Matrix bzw. Internal Standard dient RbCl bzw. Li_2CO_3. Die mit spektralreinem Graphit zu Tabletten gepressten Mischungen werden mit einem stromstabilisierten Gleichstromabreissbogen angeregt. In der folgenden Tabelle 3 sind die Analysendaten der untersuchten hellen Glimmer aufgeführt.

c) Spurenanalyse

Die Analyse der Spurenelemente ist mit gewissen Fehlern behaftet, und zwar darf man annehmen, dass der relative Fehler umso grösser ist, je geringer der analysierte Gehalt.

Beim Vergleich von Spurenkonzentrationen (etwa im Vergleich zwischen Kluft- und Nebengesteinsglimmern) ist es zweckmässig, die relativen Fehler zu berücksichtigen (vergleiche STERN, 1966, p. 164/166) und zwar am besten nach folgender Formel:

$0{,}05\frac{X}{Y}$ — 0,05 für Gehalte 1 bis 10 ppm,

$0{,}33\frac{X}{Y}$ — 0,33 für Gehalte von 10 bis 100 ppm und

$0{,}75\frac{X}{Y}$ — 0,75 für Gehalte von 100 bis 1000 ppm, wobei immer $X > Y$,

X, Y = die zu vergleichenden Spurengehalte von Kluftglimmer und Nebengesteinsglimmer. D. h.

Nr.	Cr	Sr	Ni	Zr	V	B	Ba
2	0,3	0,2	0	0	2,0	0,1	0,2
4	0	0,3	0	0,8	0,1	0	0,1
6	0	0,3	0	8,4	0,3	0,3	0,1
25	0,1	0,7	0	0,1	0,1	0	0
46	0,2	0,3	0,5	0	0,1	0,2	0
48	0,1	0,6	0,5	9,2	0,3	0,1	

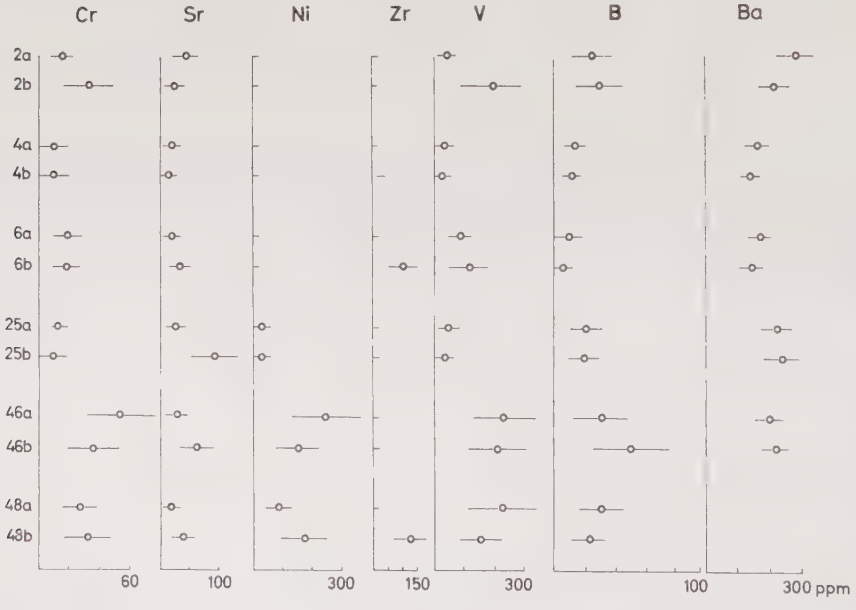

Fig. 1. Variationsbereich einiger Spurengehalte von Nebengesteins- (b) und Kluftmuskowiten (a).

In der obigen Darstellung bedeutet 0, dass zwischen Kluft- und Nebengesteinsglimmer kein signifikanter Unterschied besteht; je grösser die Zahl desto grösser auch der Unterschied. In dieser Tabelle kommt nicht zum Ausdruck, ob in den gegebenen Fällen jeweils der Kluftglimmer, oder der Nebengesteinsglimmer spurenreicher ist. Das Vorherrschen eines bestimmten Elementes im Kluftglimmer, bzw. im Nebengesteinsglimmer kann durch Einsetzen eines Vorzeichens angedeutet werden, zum Beispiel durch +, wenn der Nebengesteinsglimmer spurenreicher ist, und durch − im umgekehrten Fall:

Nr.	Cr	Sr	Ni	Zr	V	B	Ba
2	+0,3	−0,2	0	0	+2,0	+0,1	0,2
4	0	−0,3	0	+0,8	−0,1	0	−0,1
6	0	+0,3	0	+0,4	+0,3	−0,3	−0,1
25	−0,1	+0,7	0	0	+0,1	0	0 0
46	−0,2	+0,3	−0,5	0	−0,1	+0,2	0
48	+0,1	+0,6	+0,5	+9,2	−0,3	−0,1	

Tabelle 4. *Strukturformeln (nach M. D. Foster, 1960)*

	Si	Al^{IV}	Al^{VI}	Ti	Fe'''	Fe''	Mn	Mg	Summe
1a	6,40	1,60	3,33	0,05	0,09	0,01	0,00	0,63	4,11
1b	6,20	1,80	3,23	0,07	0,42	0,09	0,00	0,32	4,13
2a	6,31	1,69	3,21	0,07	0,39	0,09	0,00	0,28	4,04
2b	6,18	1,82	3,53	0,01	0,10	0,01	0,00	0,49	4,14
3a	6,66	1,34	2,98	0,08	0,35	0,07	0,00	0,50	3,98
3b	6,68	1,32	3,49	0,07	0,42	0,06	0,00	0,38	4,42
4a	6,08	1,92	3,12	0,07	0,62	0,06	0,00	0,20	4,07
4b	6,98	1,02	3,20	0,02	0,45	0,05	0,00	0,16	3,88
6a	6,47	1,53	3,09	0,08	0,47	0,06	0,00	0,28	3,98
6b	6,10	1,90	3,09	0,04	0,57	0,09	0,00	0,42	4,21
7a	6,23	1,77	3,07	0,08	0,54	0,08	0,00	0,33	4,10
7b	6,20	1,80	3,06	0,06	0,49	0,11	0,00	0,36	4,08
8b	6,73	1,27	3,06	0,05	0,21	0,15	0,00	0,46	3,94
11a	6,38	1,62	3,57	0,09	0,19	0,04	0,00	0,25	4,14
14a	6,25	1,75	3,15	0,10	0,45	0,12	0,00	0,22	4,04
14b	6,05	1,95	3,21	0,07	0,42	0,12	0,00	0,34	4,16
17b	5,98	2,02	3,40	0,03	0,18	0,08	0,00	0,33	4,02
18b	6,35	1,65	3,55	0,03	0,09	0,11	0,00	0,38	4,16
23b	6,31	1,69	3,18	0,04	0,12	0,10	0,00	0,43	3,87
25a	8,09	0,09	3,33	0,04	0,00	0,09	0,00	0,37	3,83
25b	6,20	1,80	3,88	0,04	0,08	0,03	0,00	0,49	4,52
26b	6,60	1,40	3,44	0,02	0,08	0,04	0,00	0,59	4,17
28b	5,93	2,07	3,68	0,05	0,08	0,12	0,00	0,24	4,17
34a	6,00	2,00	4,15	0,02	0,04	0,04	0,00	0,06	4,31
39b	5,54	2,46	3,30	0,05	0,39	0,19	0,00	0,17	4,10
41b	5,83	2,17	3,50	0,05	0,06	0,13	0,00	0,31	4,05
42b	5,87	2,13	3,99	0,03	0,09	0,03	0,00	0,14	4,27
43b	5,29	2,71	3,58	0,02	0,07	0,04	0,00	0,23	3,94
46a	6,22	1,78	3,14	0,07	0,39	0,15	0,00	0,37	4,12
46b	6,12	1,88	3,26	0,07	0,38	0,14	0,00	0,34	4,19
47a	6,53	1,47	3,08	0,06	0,34	0,14	0,00	0,30	3,92
47b	6,09	1,91	3,72	0,01	0,03	0,05	0,00	0,32	4,13
48a	6,17	1,83	3,02	0,06	0,38	0,12	0,00	0,49	4,07
48b	6,00	2,00	3,14	0,09	0,52	0,11	0,00	0,30	4,16

	Ca	Na	K	Summe	Bil.	R‴	Fe″	Mg
1a	0,03	0,00	1,79	1,82	1,85	84,4	0,3	15,5
1b	0,03	0,08	1,58	1,69	1,75	90,3	2,2	7,5
2a	0,07	0,08	1,63	1,78	1,82	90,8	2,3	6,9
2b	0,03	0,13	1,85	2,01	1,88	87,8	0,3	11,9
3a	0,03	0,13	1,70	1,86	1,89	85,7	1,7	12,6
3b	0,13	0,08	1,73	1,94	2,07	90,0	2,0	8,0
4a	0,03	0,09	1,69	1,81	1,94	93,5	1,6	4,9
4b	0,02	0,16	1,33	1,51	1,57	94,5	1,4	4,1
6a	0,04	0,13	1,63	1,80	1,85	91,4	1,6	7,0
6b	0,04	0,05	1,62	1,69	1,74	87,7	1,0	11,3
7a	0,02	0,13	1,70	1,85	1,80	90,0	1,9	8,1
7b	0,02	0,08	1,76	1,86	1,88	88,4	2,8	8,8
8b	0,09	0,10	1,74	1,93	2,02	84,5	3,7	11.8
11a	0,03	0,18	1,17	1,38	1,40	92,9	1,0	6,1
14a	0,03	0,10	1,79	1,79	1,87	91,6	3,0	5,4
14b	0,02	0,01	1,79	1,89	1,86	88,6	2,8	8,6
17b	0,03	0,11	2,18	2,32	2,35	89,9	2,0	8,1
18b	0,01	0,10	1,50	1,62	1,64	88,3	2,7	9,0
23b	0,00	0,19	2,37	2,56	2,56	86,3	2,7	11,0
25a	0,05	0,07	0,68	0,80	0,85	88,0	2,4	9,6
25b	0,01	0,12	0,59	0,72	0,74	88,4	0,7	10,9
26b	0,03	0,10	1,36	1,49	1,51	84,9	1,1	14,1
28b	0,04	0,10	1,67	1,82	1,86	91,3	2,9	5,7
34a	0,01	0,62	0,54	1,15	1,16	97,7	1,0	1,3
39b	0,00	0,07	2,41	2,47	2,47	91,3	4,6	4,1
41b	0,06	0,11	2,20	2,37	2,41	89,3	3,1	7,6
42b	0,01	0,30	1,12	1,44	1,45	96,0	0,8	3,2
43b	0,32	0,30	2,20	2,81	3,13	93,3	0,9	5,8
46a	0,07	0,13	1,62	1,82	1,87	87,2	3,8	9,0
46b	0,03	0,0	1,64	1,75	1,73	88,5	3,4	8,1
47a	0,09	0,21	1,63	1,93	2,09	88,7	3,7	7,6
47b	0,04	0,24	1,56	1,84	1,90	91,0	1,3	7,7
48a	0,03	0,18	1,92	2,13	2,17	85,0	3,0	12,0
48b	0,02	0,08	1,74	1,84	1,84	90,1	2,7	7,2

Tabelle 5. *Spurengehalte der untersuchten hellen Glimmer in ppm*

	Cr	Sr	Ni	Zr	Mo	V	B	Be	Ba
2b	16	40	<15	5	<20	40	26	<5	300
2a	34	25	<15	5	<20	200	30	<5	230
4b	<10	20	<15	5	<20	38	15	<5	170
4a	<10	10	<15	25	<20	33	8	<5	150
6b	20	15	<15	5	<20	80	10	<5	180
6a	19	30	<15	110	<20	125	5	<5	150
25b	13	25	<20	<5	<20	50	21	<5	230
25a	9	80	20	<5	<20	38	20	<5	240
46b	55	30	250	<5	<20	240	32	<5	200
46a	37	60	150	<5	<20	210	50	<5	215
48b	27	15	90	<5	<20	230	32	<5	
48a	32	40	170	120	<20	160	24	<5	

a = Nebengesteinsmuskowit, b = Kluftmuskowit

Die Daten der analysierten Glimmer zeigen zunächst, dass im Rahmen der untersuchten Elemente sowohl Kluft- als auch Nebengesteinsglimmer spurenarm sind. Dann kommt klar zum Ausdruck, dass die Kluftglimmer noch spurenärmer sind als die Nebengesteinsglimmer (durchwegs sehr kleine negative Zahlen).

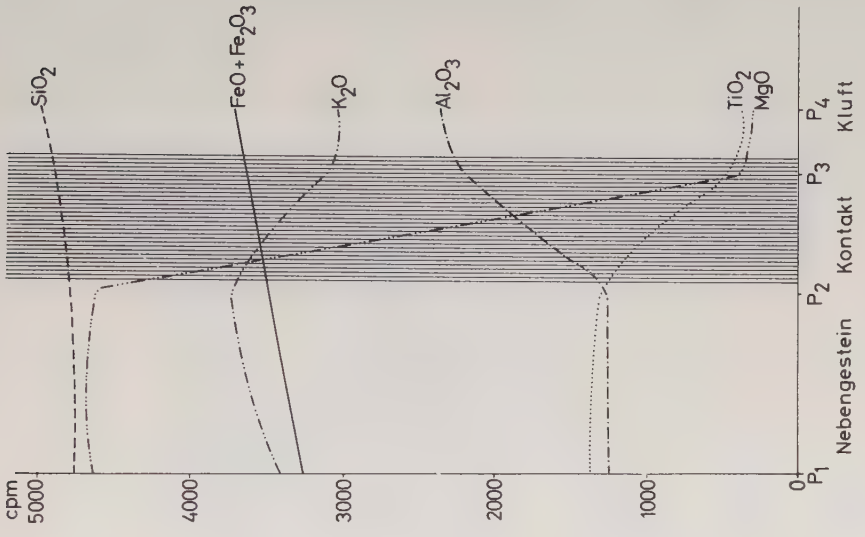

Fig. 3. Muskowit, DS Nr. 47a.

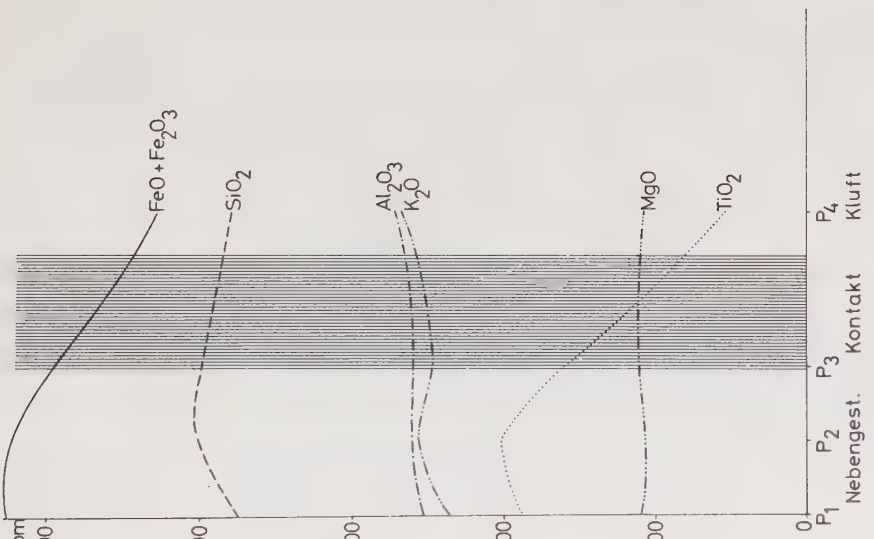

Fig. 2. Muskowit, DS Nr. 1a.

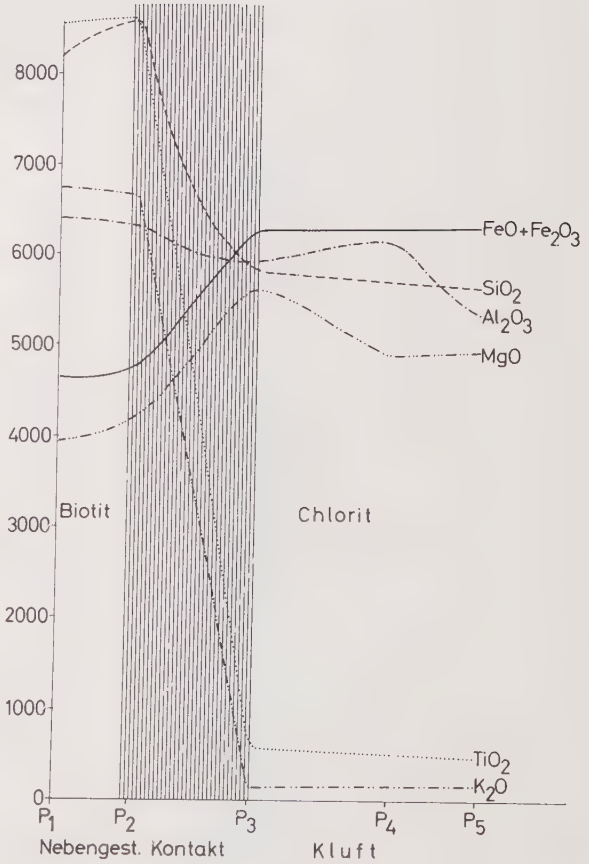

Fig. 4. DS Nr. 8a.

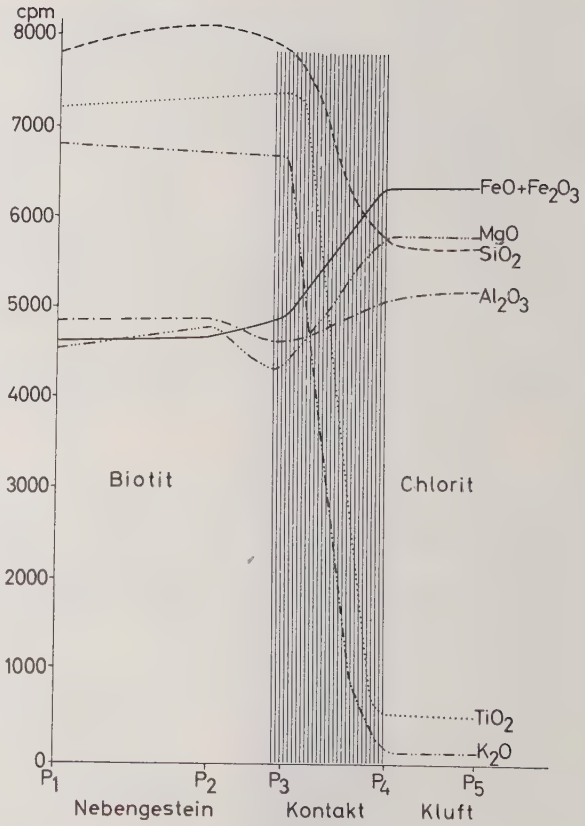

Fig. 5. DS Nr. 7a.

Grosse Unterschiede treten lediglich beim schweren Elemente Zr auf, wobei bezeichnenderweise dieses schwere Element im Nebengesteinsglimmer vorkommt. Über die einzelnen Unterschiede gibt Fig. 1 Auskunft, die Streuung der einzelnen Messwerte ist durch einen dicken Strich beidseits des Analysenpunktes gekennzeichnet.

d) Untersuchung mit der Elektronenmikrosonde Jeol JXA-3A

Da der Hauptakzent der vorliegenden Arbeit auf dem Vergleich von chemischen Parametern liegt, empfiehlt sich der Einsatz der Elektronenstrahlmikro-

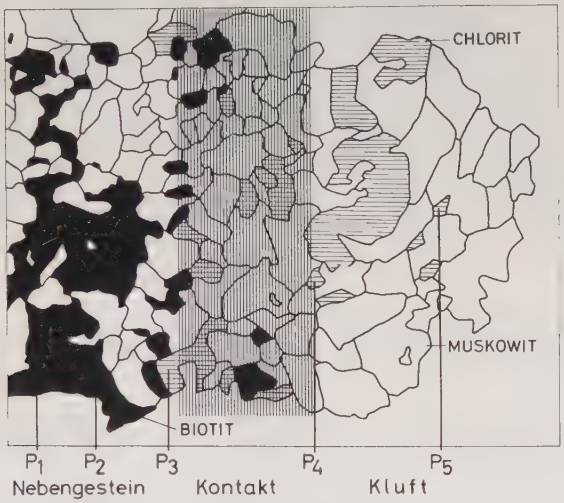

Fig. 6. DS Nr. 7a. ⊥ s und Kluft. Umwandlung von Biotit zu Chlorit.

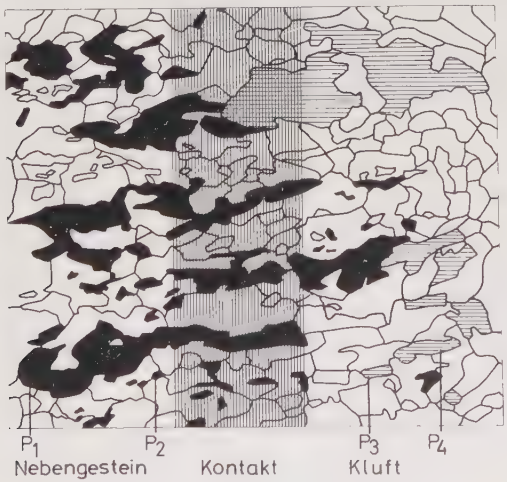

Fig. 7. DS Nr. 8a. ⊥ s und Kluft.

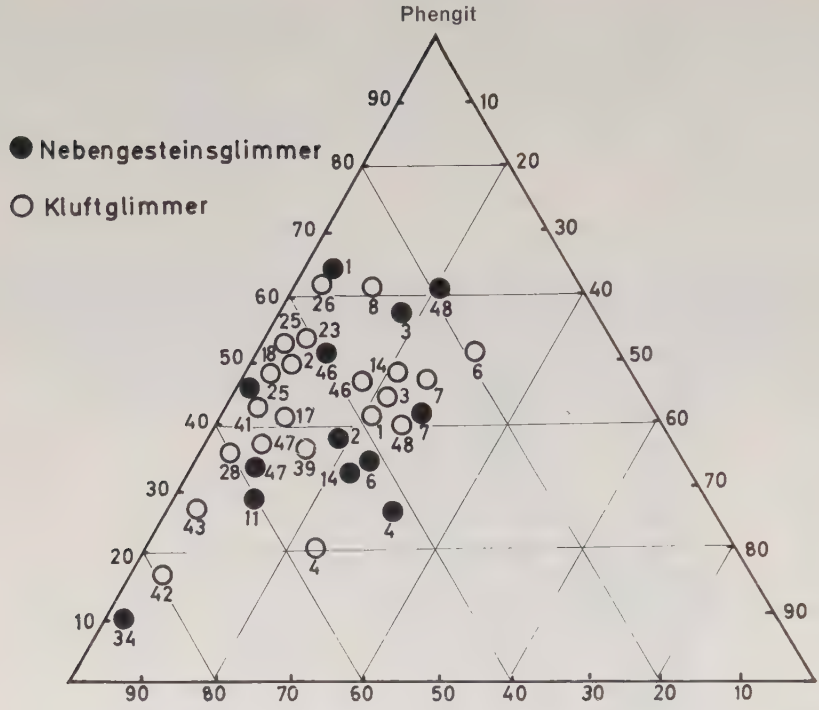

Fig. 8. Phengit-Muskowit-Ferrimuskowit. Dreieck aller analysierten hellen Glimmer. Die Zahlen neben den Kreisen sind die Probenummern.

sonde, deren Möglichkeit von Punktanalysen natürlich besonders aufschlussreiche Resultate verspricht.

Auf die allgemeine Arbeitsweise der Mikrosonde braucht hier nicht eingegangen zu werden. Wichtig ist, dass mit der Mikrosonde die chemische Zusammensetzung einer Probenoberfläche punktweise erfasst werden kann. Hiermit wird es möglich, die mineralchemischen Verhältnisse in der Grenzzone von Kluft und Nebengestein zu untersuchen und einzelne Individuen einer bestimmten Mineralart in beiden Medien chemisch miteinander zu vergleichen.

Die Figuren 2 bis 7 zeigen Serien von Punktanalysen der vier Proben 1a, 7a, 8a und 47a. Auf der y-Achse ist jeweils in relativer Skala der Konzentrationsbereich der untersuchten Elemente Fe_2O_3 total, Al_2O_3, K_2O, MgO und TiO_2 eingetragen, auf der x-Achse kommt die Konzentrationsänderung dieser Elemente von Analysenpunkt zu Analysenpunkt zum Ausdruck.

Es fallen zunächst bedeutende Gehaltsvariationen auf:

Bei beiden Biotiten nehmen SiO_2, K_2O und TiO_2 gegen die Kluft hin ab, während Fe_2O_3 und MgO die gegenteilige Tendenz zeigen. Bei den beiden Hellglimmern hingegen ist ein einheitlicher Trend nur bei TiO_2 festzustellen,

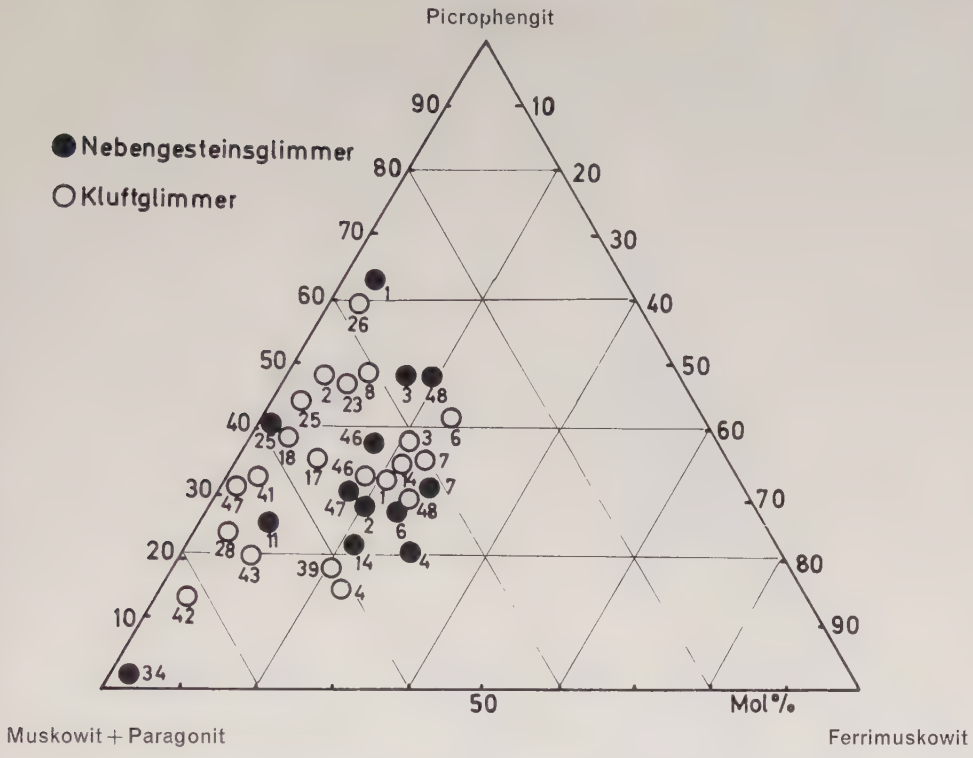

Fig. 9. Projektionspunkte nach H. WINCHELL, 1961.

das im Nebengesteinsglimmer regelmässig in höherer Konzentration auftritt, während die übrigen Oxyde keine wesentliche und übereinstimmende Verschiebung zeigen. Dies weist bereits auf eine gewisse Verwandtschaft der Hellglimmer von Muttergestein und Kluftbildung hin.

Die geringe Zahl der untersuchten Proben erlaubt selbstverständlich keine Generalisierung der gemachten Feststellungen.

IV. AUSWERTUNG DER RESULTATE

Die Interpretation der chemischen Resultate muss sich auf jene Kriterien stützen, deren Streuung am grössten ist. Es sind dies in erster Linie die Verhältnisse in den Oktaederpositionen der Glimmer. Hier liegen verschiedene Substitutionsmöglichkeiten vor. Es ist deshalb zweckmässig, die erhaltenen Glimmeranalysen in Strukturformeln (vgl. Tab. 4) umzurechnen, und diese in die hypothetischen Glieder der Mischreihen Phengit (Mg/Fe-Muskowit), Ferrimuskowit (Fe'''-Muskowit) und Idealmuskowit (Al-Muskowit) zu verwandeln, vergleiche Tab. 6. Die so ermittelten Punkte werden in Dreiecksprojektion dargestellt

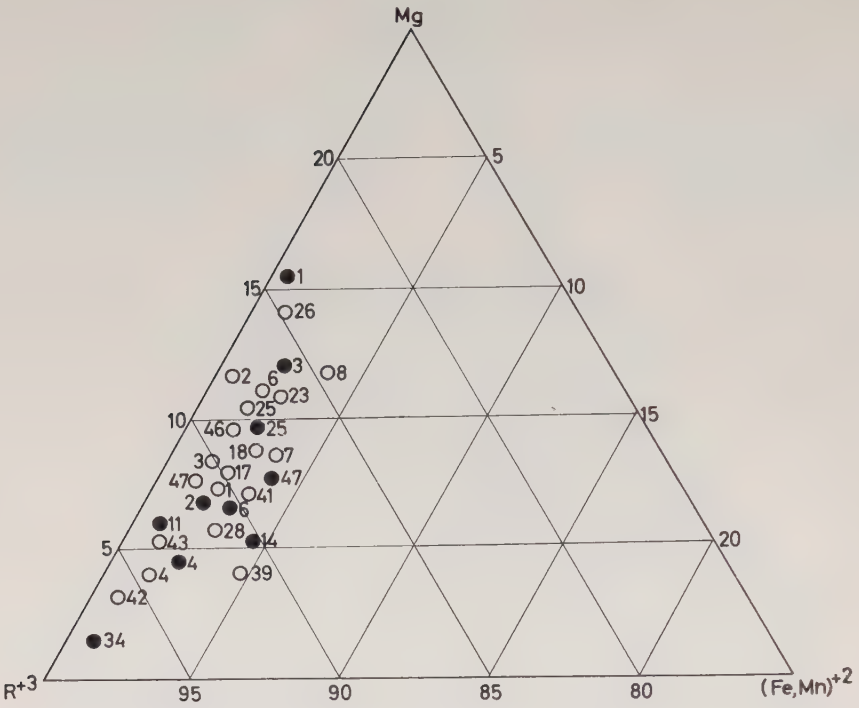

Fig. 10. Projektionspunkte nach FOSTER, 1960.

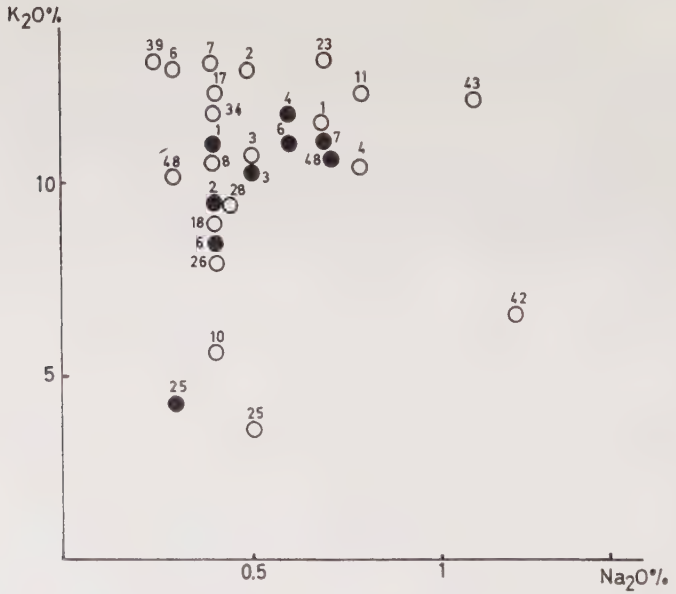

Fig. 11. Kalium- und Natriumgehalte der hellen Glimmer. ○ Nebengesteinsmuskowite, ● Kluftmuskowite.

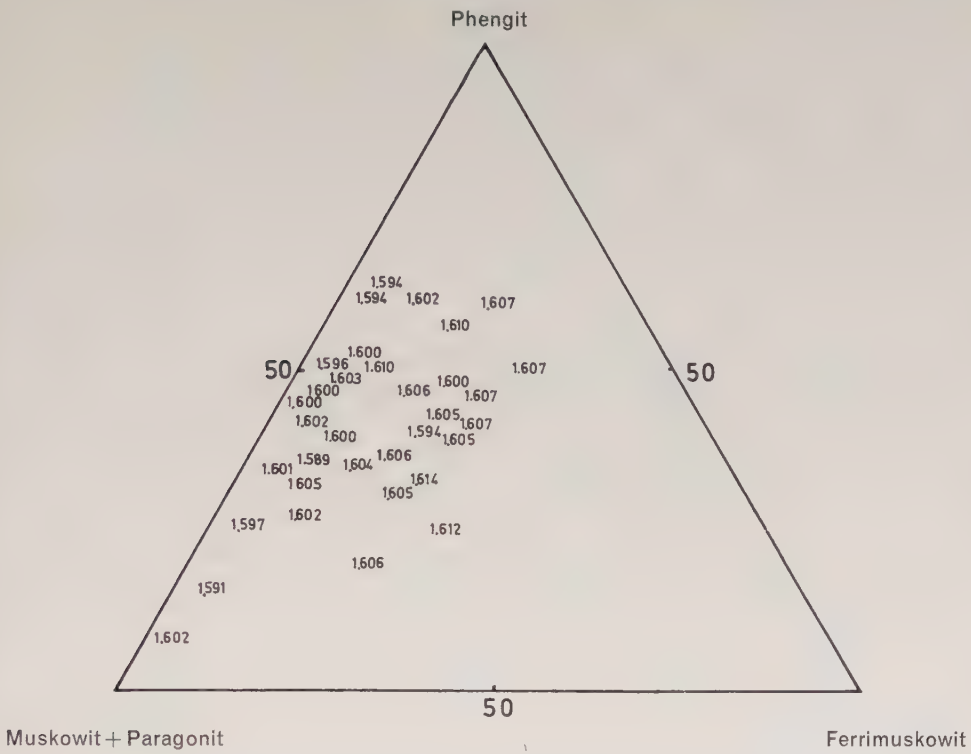

Fig. 12. Projektionspunkte n_γ der Kluft- und Nebengesteinsglimmer.

(Fig. 8). Es zeigt sich, dass der Phengitgehalt in weiten Grenzen, und zwar von 10% bis 65% variiert. Kluft- und Nebengesteinsmuskowite besitzen den gleichen Streubereich und es fällt auf, dass die Projektionspunkte zusammengehöriger Glimmerpaare im weiten Streufeld selten weit voneinander entfernt sind. Eine gesetzmässige Verschiedenheit von Kluft- und zugehörigen Nebengesteinsglimmern scheint nicht zu bestehen, und es darf mit Bestimmtheit gesagt werden, dass die Kluftglimmer nicht phengitreicher sind als die gesteinsbildenden Glimmer. Die stoffliche Zusammensetzung der zweiten Mineralgeneration scheint also jeweils weitgehend die chemischen Verhältnisse innerhalb des offenen Systemes (Drusenhohlraum + Nebengestein am Kluftsaum) widerzuspiegeln. Die augenfällige Ähnlichkeit im Phengitgehalt der Kluft- und Nebengesteinsglimmer lässt sich zwanglos mit der Herkunft der Stoffe aus dem Nebengesteinskörper erklären. Ob das Kluftmaterial bedeutendere Strecken in mobiler Phase zurückgelegt hat, ist auf Grund der diskutierten Kriterien nicht zu entscheiden.

Berechnet man nach dem Schema von Winchell (1961) Picrophengit, Ferrimuskowit und Muskowit, so ergeben sich die Zahlen von Tab. 7, die in Fig. 9 graphisch dargestellt sind.

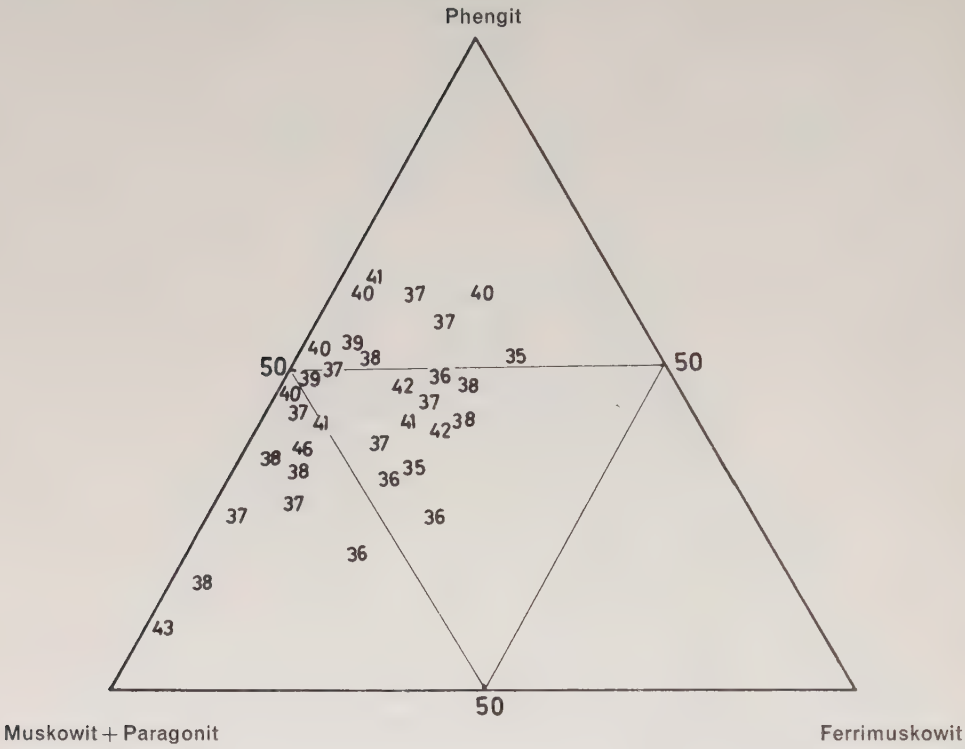

Fig. 13. 2 V in ° der Kluft- und Nebengesteinsglimmer.

In den Fig. 8, 9 und 10 liegt Punkt 34 nahe der Muskowitecke und ausserhalb des belegten Streubereiches. Es handelt sich hier jedoch um einen Paragonit der Alpe Sponda. Auch die beiden benachbarten Projektionspunkte der Kluftglimmer 42 und 43 (Alpe Sponda und Binna-Schlucht) entsprechen relativ natriumreichen Typen — im Gegensatz zu allen übrigen Glimmern.

Fig. 11 zeigt, dass Kluftmuskowite im allgemeinen kalireicher sind als die Nebengesteinsglimmer. Auch ihr Gehalt an leichtflüchtigen Bestandteilen (siehe Tab. 3) ist grösser.

Dreiwertiges Eisen, und damit Ferrimuskowit spielt eine untergeordnete Rolle; der Ferrimuskowitgehalt schwankt zwischen 5% und 30%.

Es lag nahe, die chemischen Kriterien mit den optischen zu korrelieren. Der Phengitgehalt der hellen Glimmer ist gelegentlich schon mit dem Brechungsindex n_γ und dem optischen Achsenwinkel in Verbindung gebracht worden, allerdings auf Grund spärlichen Analysenmaterials (Winchell 1961). Die vorliegenden Untersuchungen lassen indessen keinen Zusammenhang zwischen diesen chemischen und optischen Eigenschaften erkennen, wie die Fig. 12 und 13 zeigen.

Deutlich ist jedoch eine Beziehung zwischen Titan- und Fe^{+3}-Gehalt und

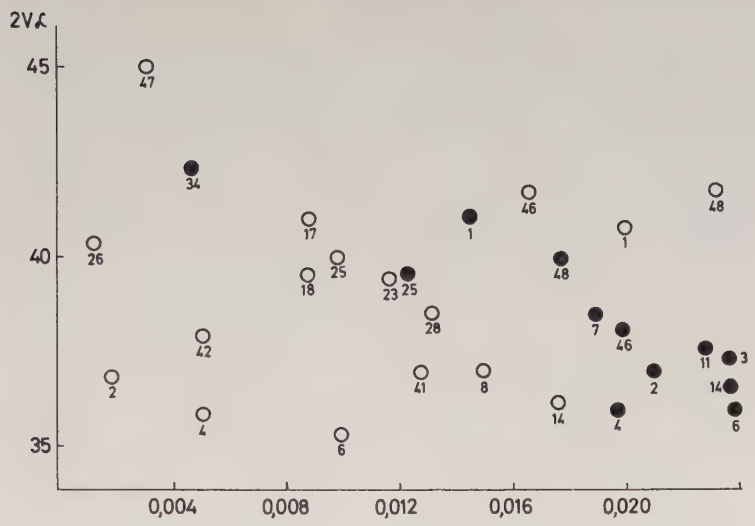

Fig. 14a. $2V_\alpha / \frac{Ti}{R^{+3}}$.

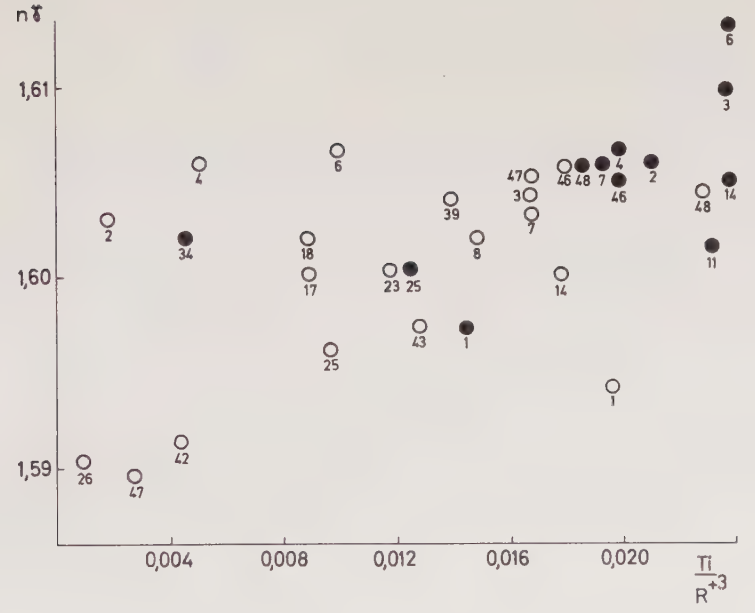

Fig. 14b. $n_\gamma / \frac{Ti}{R^{+3}}$.

den optischen Eigenschaften zu erkennen (Fig. 14 bis 16). Mit zunehmendem Titangehalt nehmen die Lichtbrechung zu und $2V_\alpha$ ab. In dieser Hinsicht ist auch eine chemische Differenzierung zwischen zusammengehörigen Gesteins-

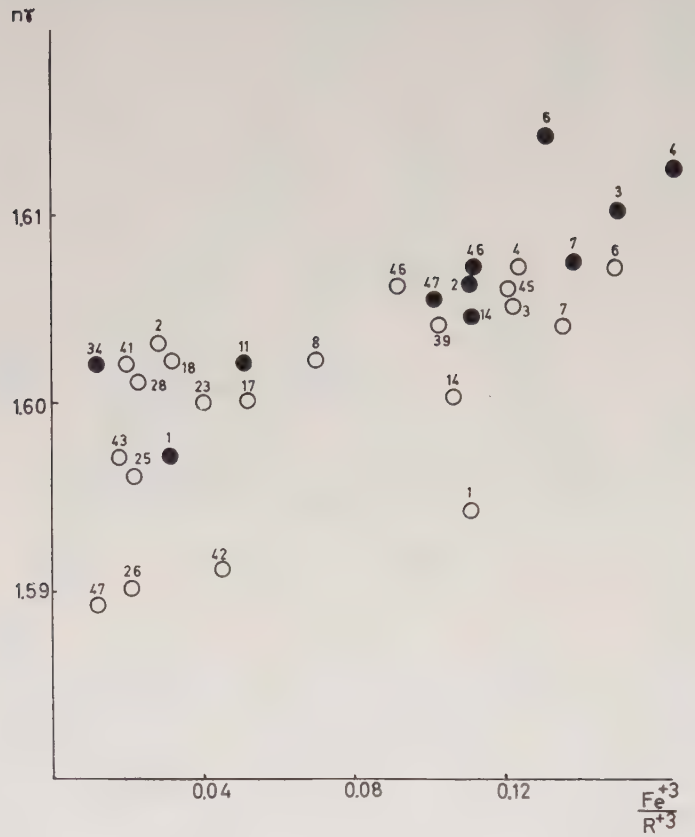

Fig. 15. $n_\gamma - \frac{Fe^{+3}}{R^{+3}}$. Diagramm der hellen Kluft- und Nebengesteinsglimmer.

und Kluftglimmern zu erkennen; die ersteren sind in den meisten Fällen reicher an TiO_2.

Selbstverständlich müssen auch die Spurenelemente in den geochemischen Vergleich miteinbezogen werden (Fig. 1). Gerade sie besitzen grundsätzlich eine ausgezeichnete Variationsfähigkeit. Erstaunlicherweise scheint die Verwitterung, die gerade bei Kluftmineralien immer eine mehr oder weniger grosse Rolle spielt, die Spurenverhältnisse nicht wesentlich beeinflusst zu haben. Bedeutende Unterschiede sind im Falle der untersuchten Spurenelemente zwischen Kluft- und Nebengesteinsglimmer nicht feststellbar. Wiederum ist die Verwandtschaft zwischen Kluft- und Nebengesteinsglimmer eng.

Regionale Verteilung (Figuren 17 und 18): Die phengitreichsten Gesteinsglimmer stammen einerseits vom Lukmanierpass, andererseits von der Südrampe des Simplonpasses und aus der Val Isorno; die phengitreichsten Kluftglimmer wurden ebenfalls im Lukmaniergebiet festgestellt und im Gebiet Varzo-

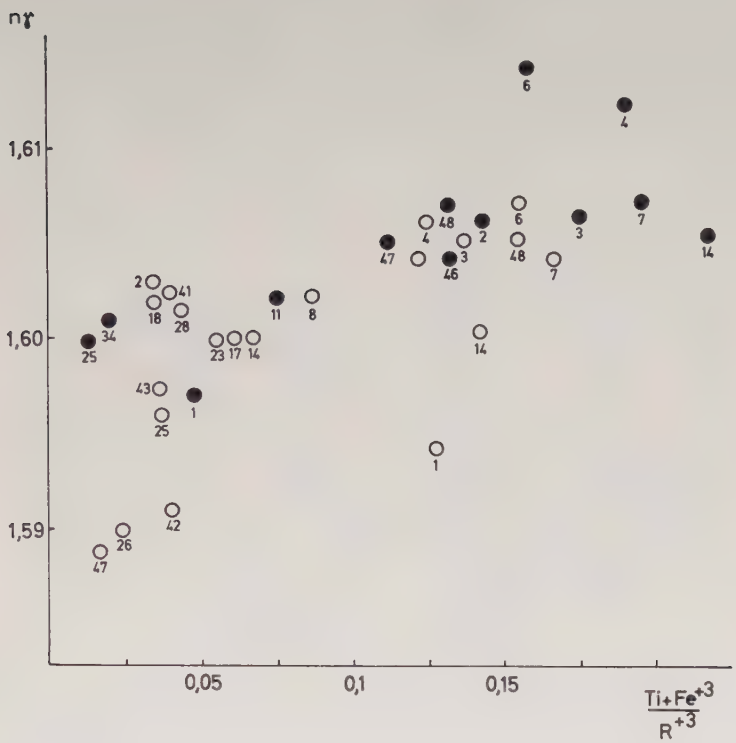

Fig. 16. $n_\gamma / \frac{Ti + Fe^{+3}}{R^{+3}}$. Diagramm der untersuchten hellen Glimmer.

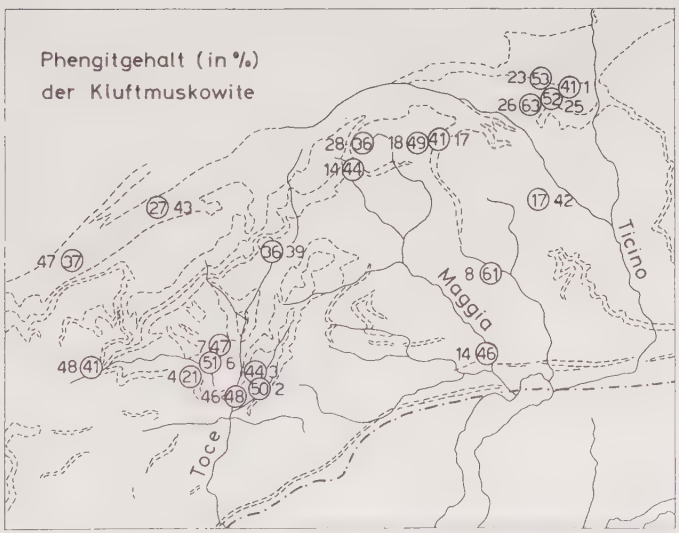

Fig. 17. Die Zahlen neben den Kreisen sind Probennummern.

Isorno, jedoch auch im Verzascatal, was überrascht. Besonders hervorgehoben sei, dass die Kluftmuskowite aus penninischen Bündnerschiefern der Simplon-Nordrampe und der Binna-Schlucht phengitarm sind. Die Daten lassen somit keine klare Beziehung zur geologischen Situation erkennen.

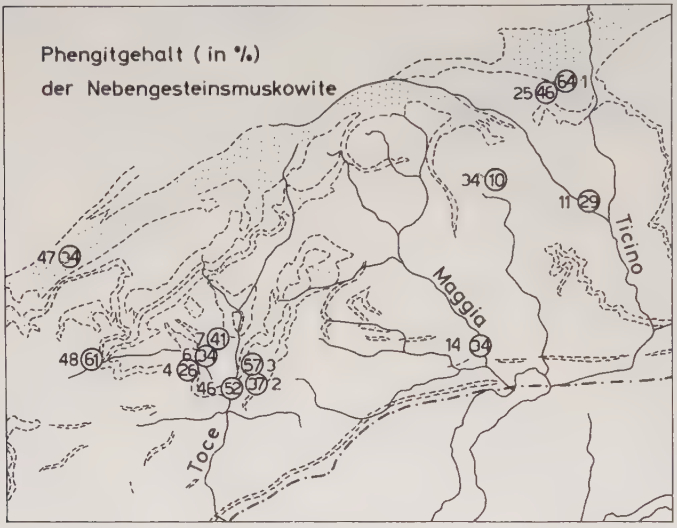

Fig. 18. Die Zahlen neben den Kreisen sind Probennummern.

Tabelle 6. *Einteilung der analysierten Muskowite in Phengit, Muskowit und Ferrimuskowit*

a = Kennzeichen für Nebengesteinsglimmer und b für Kluftglimmer

Nr.	Phengit %	Ferrimuskowit %	Muskowit %	Nr.	Phengit %	Ferrimuskowit %	Muskowit %
1a	64	4	32	18b	49	5	46
1b	41	21	38	23b	53	6	41
2a	37	18	45	25a	46	0	54
2b	50	5	45	25b	52	4	44
3a	57	17	26	26b	63	4	33
3b	44	21	35	28b	36	4	60
4a	26	31	43	34a	10	2	88
4b	21	23	54	39b	36	20	44
6a	34	24	42	41b	44	3	53
6b	51	29	20	42b	17	5	78
7a	41	27	32	43b	27	4	69
7b	47	25	28	46a	52	20	28
8b	61	11	28	46b	48	19	33
11a	29	10	61	47a	34	17	49
14a	34	23	43	47b	37	2	61
14b	46	21	33	48a	61	19	20
17b	41	9	50	48b	41	26	33

Tabelle 7. *Einteilung der analysierten Muskowite nach* Winchell

a = Kennzeichen für Nebengesteinsmuskowite und b für Kluftmuskowite

Nr.	Picro-phengit %	Ferri-muskowit %	Muskowit %	Nr.	Picro-phengit %	Ferri-muskowit %	Muskowit %
1a	63	4	33	18b	38	4	58
1b	32	21	47	23b	46	8	46
2a	28	20	52	25a	41	0	59
2b	47	5	48	25b	44	4	52
3a	49	16	35	26b	59	4	37
3b	38	21	41	28b	24	4	72
4a	20	31	49	34a	0,5	2	97,5
4b	16	22,5	61,5	39b	18	20,5	61,5
6a	28	23,5	48,5	41b	32,5	4,5	63
6b	42	28,5	29,5	42b	14	4	82
7a	33	27	40	43b	24	4	72
7b	36	24,5	39,5	46a	37	19,5	43,5
8b	48,5	10,5	41	46b	34	19	47
11a	25	9,5	65,5	47a	30	17	53
14a	22	22,5	55,5	47b	32	2	66
14b	34	21	45	48a	49	19	32
17b	35	10	55	48b	30	26	44

LITERATURVERZEICHNIS

SMPM = Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen

Abrecht, H. (1954): Zur mineralchemischen Kenntnis von Anhydrit und Albit als Zerrkluftmineralien aus dem Simplontunnel. SMPM 34, p. 184.

Arnold, A. und Jäger, E. (1959): Rb-Sr-Altersbestimmungen an Glimmern im Grenzbereich zwischen voralpinen Alterswerten und alpiner Verjüngung der Biotite. Eclogae geol. Helv. 58, p. 369.

Axelrod, J. M. and Grimaldi, F. (1949): Muscovite with small optic axial angle. Amer. Mineral. 34, p. 559.

Bambauer, H. U., Brunner, G. O. und Laves, F. (1962): Wasserstoffgehalte in Quarzen aus Zerrklüften der Schweizer Alpen und die Deutung ihrer regionalen Abhängigkeit. SMPM 42, p. 221.

Barth, T., Correns, C. und Eskola, P. (1939): Die Entstehung der Gesteine. Berlin.

Bearth, P. (1958): Über einen Wechsel der Mineralfazies in der Wurzelzone des Penninikums. SMPM 38, p. 363.

— (1964): Paragonite from Täsch Vally Near Zermatt, Switzerland. Amer. Mineral. 49, p. 183.

Burckhardt, E. (1943): Zur Bestimmung der gesteinsbildenden Glimmer. SMPM 23, p. 467.

Burri, C. (1950): Das Polarisationsmikroskop. Basel.

— (1959): Petrochemische Berechnungsmethoden auf äquivalenter Grundlage. Methoden von Paul Niggli. Basel.

Cadisch, J. (1953): Geologie der Schweizer Alpen. Basel.

Chemismus Schweizer Gesteine. 1. Nachtrag (1942): zusammengestellt durch F. de Quervain und C. Friedlaender. Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. Lfg. 34.

Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussman, M. A. (1964): Rock Forming Minerals. Vol. 3.

— (1966): An Introduction to Rock Forming Minerals.

Ernst, W. G. (1963): Significance of Phengitic Mica from low-Grade Shists Amer. Mineral. 48, p. 1357.

Eugster, H. P. and Yoder, H. S. (1955): Synthetic and natural muscovite. Geoch. et Cosmoch. Acta 8, p. 227.

Foster, M. D. (1956): Correlation of dioctohedral potassium micas on the basis of their charge relations. A contribution to geochemistry. U.S. Geol. Surv. Bull. 1036-D, p. 57.

— (1960): Interpretation of Composition of Trioctohedral Micas Geol. Surv. Prof. Pap. 354-B.

Fyfe, W. S., Turner, F. J. and Verhoogen, J. (1958): Metamorphic Reactions and Metamorphic Facies. Mem. 73, Geol. Soc. America, New York.

Gansser, A. (1937): Der Nordrand der Tambodecke. SMPM 17, p. 291.

Günthert, A. (1953): Plagioklas aus Klüften der Tessiner Alpen. SMPM 33, p. 161.

Huber, H. M. (1943): Die Kluftminerallagerstätten im südlichen Gotthardmassiv. SMPM 23, p. 475.

Huttenlocher, H. (1952): Zur Kenntnis der alpinen Kluftmineralisation. C. R. 19. session Alger, p. 61.

Hurbut, C. S. (1956): Muscovite from Methnen Township, Ontario. Amer. Miner. 43, p. 892.

Holzner, J. (1936): Über den anomalen Kristallbau der Biotite. Krist. 93, p. 435.

Hiller, J. (1952): Grundriss der Kristallchemie. Berlin.

Hirschi, H. (1901): Beiträge zur Kenntnis der gesteinsbildenden Biotite und ihrer Beziehungen zum Gestein. Diss. Zürich.

Jackson, W. (1930): The Crystal Structure of muscovite. Z. Krist. 85, p. 160.

Jakob, J. (1929): Beiträge zur chemischen Konstitution der Glimmer. Z. Krist. 72. 4. Heft.

Jong, W. F. (1959): Kompendium der Kristallkunde. Wien.

Kunitz, W. (1924): Die Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung und physikalisch-optischen Eigenschaften innerhalb der Glimmergruppe. N. Jb. Mineral. 50, p. 365.

Kleber, W. (1963): Einführung in die Kristallographie. Leipzig.

— (1963): Kristallchemie. Leipzig.

Königsberger, J. (1925): Über alpine Minerallagerstätten, Mineralklüfte und Differentiation in ihrer Paragenese. SMPM 5, p. 67.

Leittmeier, H. (1926): Über die Entstehung der Kluftmineralien in den Hohen Tauern. Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt., 3. Folge, p. 390.

Pauling, L. (1962): Die Natur der chemischen Bindung. Weinheim.

Mehmel, M. (1937): Ab- und Umbau an Biotit. Chemie der Erde, 11, p. 307.

Minder, W. (1933): Altersbestimmung alpiner Mineralklüfte und Kluftmineralien. SMPM 13, p. 296.

Nabholz, W. K. (1945): Geologie der Bündnerschiefergebirge zwischen Rheinwald, Valser- und Safiental. Eclog. geol. Helv. 38, Nr. 1.

Niggli, E. (1960): Mineralzonen der alpinen Metamorphose in den Schweizer Alpen. Int. Geol. Congr. 21, p. 132.

— (1961): Bemerkungen zur tertiären regionalen Metamorphose in den Schweizer Alpen. SA N. Jb. Mineral., Abh. 96, p. 234.

Niggli, P. (1933): Bemerkungen zu den vorstehenden zwei Beiträgen über Kluftmineralien. SMPM 13, p. 302.

Niggli, P., Königsberger, J. und Parker, R. L. (1940): Die Mineralien der Schweizer Alpen. Bd. I und II. Basel.

Noll, W. (1935): Hydrothermalsynthetische Untersuchungen im System Al_2O_3, SiO_2 und H_2O. Fortschr. Mineral. Krist. 19, p. 46.
Parker, R. L. (1954): Mineralfunde der Schweizer Alpen, Basel.
Papst, A. (1955): Redescription of the single layer structure of the micas. Amer. Mineral. 40, p. 967.
Rheinhard, M. (1931): Universal Drehtischmethoden. Basel.
Rosenfeld, J. (1950): Determination of all principal indices of refraction on oriented minerals by direct measurment. Amer. Mineral. 35, p. 902.
Stern, W. (1966): Zur Mineralchemie von Glimmern aus Tessiner Pegmatiten. SMPM 46, p. 137.
Strunz, H. (1966): Mineralogische Tabellen. 4. Auflage. Leipzig.
Thele, E. (1940): Die Beziehungen der chemischen Zusammensetzungen zu den physikalisch-optischen Eigenschaften in einigen Mineralien des Kontaktes. Chemie der Erde, 13, p. 80.
Tröger, W. (1959): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Mineralien. Stuttgart.
Volk, G. (1939): Optical and chemical studies of muscovite. Amer. Mineral. 24, p. 255.
Weber, W. (1966): Zur Geologie zwischen Chiavenna und Mesocco. Diss. Zürich.
Weibel, M. (1961): Chemische Untersuchungen an alpinen Kluftmineralien. SMPM 41, p. 8.
— (1964): Chemische Untersuchungen an alpinen Kluftkarbonaten. SMPM 44, p. 489.
Wenk, E. (1943): Ergebnisse und Probleme von Gefügeuntersuchungen im Verzascatal (Tessin). SMPM 32, p. 266.
— (1948): Ostalpines und penninisches Kristallin. SMPM 28, p. 761.
— (1955): Eine Strukturkarte der Tessineralpen. SMPM 35, p. 311.
— (1956): Die lepontinische Gneissregion. Eclogae geol. Helv. 49, p. 2.
— (1961): Plagioklas als Indexmineral in den Zentralalpen. SMPM 42, p. 139.
Wenk, E., Schwander, H., Hunziker, J. und Stern, W. (1963): Zur Mineralchemie von Biotit in den Tessiner Alpen. SMPM 43, p. 435.
Winchell, A. N. (1961): Elements of optical Mineralogy. London.
Winkler, W. (1966): Die Genese der metamorphen Gesteine. Berlin.
Weinschenk, E. (1903): Beiträge zur Petrographie der östlichen Zentralalpen speziell des Gross-Venedigerstockes. Abh. Bayer. Ak. Wiss. Kl. II, Bd. 22, Abt. 2.
Yoder, H. S. and Eugster, H. P. (1934): Synthetic and natural Muscovite. Geochim. et Cosm. Acta 8, p. 225.
Zwetsch, A. (1934): Röntgenuntersuchungen in der Keramik. Ber. deutsch. Keram. Ges. 14, p. 2.

Manuskript eingegangen am 30. April 1967.

Curriculum vitae

Ich, Fakir Mohammed Melgerei, aus Kabul (Afghanistan), wurde am 20. Februar 1928 als Sohn des Khair Mohammed und der Amina Naseko in Kabul geboren, wo mein Vater als Beamter tätig war.

Primarschule und Ober-Realschule besuchte ich in Kabul. An der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Kabul hörte ich Vorlesungen und besuchte ich Praktika in Physik, Chemie, Zoologie, Botanik und Geologie. Ich schloss diese Studien mit dem Bachelor of Science ab.

Anschliessend war ich als Lehrer an der Oberstufe des Gymnasiums in Kabul tätig (Chemie, Botanik, Zoologie und Geologie).

Seit dem Sommersemester 1962 studiere ich dank eines eidgenössischen Stipendiums an der Universität Basel Naturwissenschaften und besuchte Vorlesungen und Übungen in Chemie (Proff. H. Erlenmeyer, Chr. Tamm), Geologie-Paläontologie (Proff. L. Vonderschmitt, M. Reichel) und Mineralogie-Petrographie (Proff. E. Wenk, P. Bearth, H. Schwander); ich legte die Nebenfachexamina in Chemie bei Herrn Prof. H. Erlenmeyer und in Geologie-Paläontologie bei Herrn Prof. L. Vonderschmitt ab.

1964 begann ich unter Herrn Prof. E. Wenk mit der vorliegenden Dissertation.

خلاصه مطلب

یک شستشو ابرک ها یا میکای داخل دوزخ ها و کنسانتره های حاصل از مجاور آن در شستشو جهان قسمت آب لیوتین توسط تجارب فیزیکی و کیمیای معاصر تر دیگر نتایج تجزیه کیمیاوی زیاد تر شباهت ابرک بین دوزخ را با مجاور آن ثابت میتواند یعنی مقدار عناصر تشکیل دهنده و نادره ابرک دوزخ با هم شباهت دارد از این جهت ثابت میشود که عناصر تشکیل کننده ابرک داخل دوزخ مجاور بوجود آمده است طوریکه توسط ترشح مواد از زون مجاور در داخل دوزخ میزان های جدید را تشکیل کرده است.

عموماً میزان های داخل دوزخ ها و کنسانتره های حاصل از مراحل آخر تشکیل شستشو جهان آلب با وجود آمدن دوزخ ها توسط حرکات تکتونیکی تشکیل شده است که بعد در آن در بعضی قسمت ها محلول های جوشان در دوزخ ها جریان میبنمود طوریکه یک قسمت مواد زون مجاور را در خود منحل ساخته و مخلوط شان به طرف دوزخ ها بیشتر و در نتیجه میزان های جدید از تبلور رسوبات در داخل دوزخ ها تولید گردیده است.

بطور عموم میزان های که در اثر هوازدگی و فرسایش مختلف در دوزخ ها و کنسانتره ها بطریق ارثی در قسمت های مختلف جمع شده است. این مسئله را نتایج آزمایش های ابرک ها بثبوت آورده است ما تائید میکند.

فتح محمد